

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

WEST

Generate Collection

Print

L12: Entry 5 of 36

File: JPAB

May 30, 2000

PUB-NO: JP02000150959A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 2000150959 A

TITLE: GALLIUM NITRIDE COMPOUND SEMICONDUCTOR LIGHT EMITTING ELEMENT

PUBN-DATE: May 30, 2000

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

COUNTRY

UCHIDA, KENJI

GOTO, JUN

KAWADA, MASAHIKO

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

COUNTRY

HITACHI LTD

APPL-NO: JP10327721

APPL-DATE: November 18, 1998

INT-CL (IPC): H01 L 33/00; H01 S 5/343

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To suppress the formation of pits in a light emitting layer, which are developed when transition from an underlying layer passes through the light emitting layer, by forming the light emitting layer after a gallium nitride compound semiconductor layer is grown on a first clad layer at a temperature which is different from the growing temperature of the clad layer.

SOLUTION: A gallium nitride compound semiconductor light emitting element is constituted in such a way that, after a sapphire substrate 101 is heat-treated in a hydrogen gas flow, the temperature of the substrate 101 is lowered and a GaN (gallium nitride) buffer layer 102 is formed. After the temperature of the layer 102 is successively raised, the layers from an n-type Si-doped GaN layer 103 to the n-type Si-doped GaN layer 105 corresponding to a first clad layer are grown and the GaN pit suppressing layer 106 corresponding to a gallium nitride compound semiconductor layer is grown at a temperature which is different from the growing temperature of the layer 105. After recrystallization, a nondoped InGaN/GaN strained quantum well light emitting layer 107 is grown. Moreover, the layers from the p-type Mg-doped GaN layer 108 corresponding to a second clad layer to a p-type Mg-doped GaN layer 110 are grown.

COPYRIGHT: (C) 2000, JPO

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-150959

(P2000-150959A)

(43)公開日 平成12年5月30日(2000.5.30)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード(参考)
H 0 1 L 33/00		H 0 1 L 33/00	C 5 F 0 4 1
H 0 1 S 5/343		H 0 1 S 3/18	6 7 7 5 F 0 7 3

審査請求 未請求 請求項の数6 O L (全 5 頁)

(21)出願番号 特願平10-327721

(22)出願日 平成10年11月18日(1998.11.18)

(71)出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72)発明者 内田 遼治

東京都国分寺市東荏ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者 後藤 順

東京都国分寺市東荏ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(74)代理人 100068504

弁理士 小川 勝男

最終頁に続く

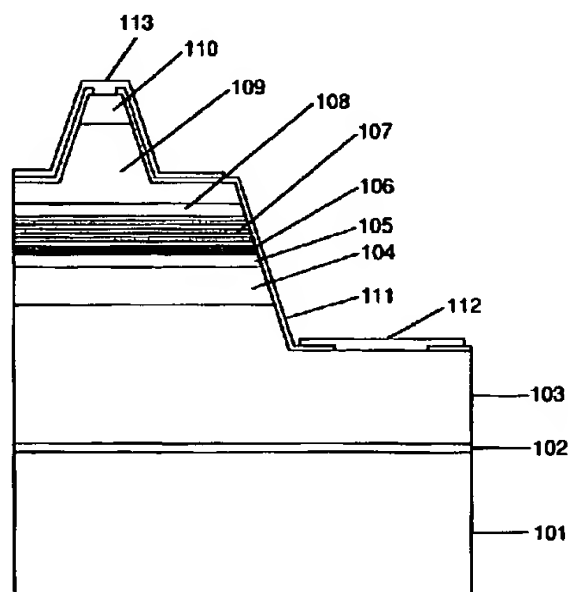
(54)【発明の名称】 窒化ガリウム系化合物半導体発光素子

(57)【要約】

【課題】高効率および高信頼性の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子を実現する。

【解決手段】第1クラッド層の成長温度とは異なる温度で、または異なる混晶組成比でビット抑制層を量子井戸発光層下に形成することによって、第1クラッド層からの貫通転移に伴う発光層内でのビット密度を大幅に低減させる。

図1



【特許請求の範囲】

【請求項1】サファイア基板上に少なくとも、窒化ガリウム系半導体から成る第1のクラッド層、発光層および第2のクラッド層が形成された多層構造において、第1クラッド層とは異なる成長温度にて成長した窒化ガリウム系半導体層上に上記発光層が形成されていることを特徴とする窒化ガリウム系化合物半導体発光素子。

【請求項2】請求項1において、第1のクラッド層の混晶組成比とは異なる窒化ガリウム系半導体層上に上記発光層が形成されていることを特徴とする窒化ガリウム系化合物半導体発光素子。

【請求項3】請求項1または2記載の上記発光層は量子井戸構造であることを特徴とする窒化ガリウム系化合物半導体発光素子。

【請求項4】請求項1または2記載の発光素子は、 $(Al_xGa_{1-x})_yIn_{1-y}N$ (但し $0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$) であることを特徴とする窒化ガリウム系化合物半導体発光素子。

【請求項5】請求項1ないし4のいずれか記載の発光素子は、自然放光を得るための発光ダイオード構造であることを特徴とする窒化ガリウム系化合物半導体発光素子。

【請求項6】請求項1ないし4のいずれか記載の発光素子は、誘導放光を得るための共振器構造を備えたレーザダイオード構造であることを特徴とする窒化ガリウム系化合物半導体発光素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は窒化ガリウム系化合物半導体発光素子に関する。

【0002】

【従来の技術】窒化ガリウム（以下GaN）を中心とするAlN、InNからなる $(Al_xGa_{1-x})_yIn_{1-y}N$ 窒化ガリウム系化合物半導体四元混晶は、室温下で約1.9eVから6.2eVの禁制帯幅を有し、且つ全ての組成領域において直接遷移型であることを特徴とする。このため、その混晶比を変えることによって青紫色から赤色までの発光を得ることが可能であることから、次世代の発光素子材料として近年特に注目されている。現在、これら窒化ガリウム系化合物半導体の結晶成長は、基板定数が大きく異なるものの、同様な六方晶構造であるサファイア基板を用いて行われている。しかし、(0001)面のサファイア基板とGaN間では、約16%近くもの格子不正合率が存在する。このため、サファイア基板上に成長した窒化ガリウム系化合物半導体層には約 10^{10} cm^{-2} 程度の高密度な貫通転移が生成される。

【0003】この高密度に生成された結晶欠陥は、発光層として $In_xGa_{1-x}N$ (但し $0 \leq x \leq 1$) 三元混晶を用いた場合には以下のような問題を引き起こすことが報告されている (Y. Chen et al., アプライド フィジク

ス レターズ (Appl. Phys. Lett.) 72, 710 (1998))。サファイア基板上に成長したGaN上にInGaN多重量子井戸構造を形成すると、その表面には六角形状のビットが多く形成される。このビットは、下地層であるGaNで生成された転移の貫通によって形成される。そのビット密度はGaN中に生成された貫通転移密度とほぼ同程度ある。このようにInGaN発光層中にビットが高密度に形成されることによって、発光層内では組成の揺らぎを引き起こすことが懸念される。また、発光デバイスにおいては、このビットの形成による発光効率の低下やビットを介したデバイスの特性劣化が問題となる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】本発明の目的は、第1クラッド層上に新たに窒化ガリウム系半導体層を形成後、発光層を成長することによって、下地層からの転移の貫通に伴う発光層内でのビット形成を抑制し、高効率および高信頼性の窒化ガリウム系半導体発光素子を実現することである。

【0005】

【課題を解決するための手段】上記目的は、本発明である以下の手段を用いることによって達成できる。第1の手段として、第1クラッド層上にその成長温度とは異なる温度にて窒化ガリウム系化合物半導体層を成長後、発光層を形成する。第2の手段として、第1のクラッド層上にその混晶組成比とは異なる窒化ガリウム系半導体層を成長し、その上に発光層を形成する。第3の手段として、発光層は量子井戸構造とする。そして第4ないし第6の手段として、それら発光素子は、量子井戸発光層を有する $(Al_xGa_{1-x})_yIn_{1-y}N$ (但し $0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$) からなる窒化ガリウム系発光ダイオードまたはレーザダイオード構造とする。

【0006】まず、第1および第2の手段を用いた場合の作用について説明する。従来技術でも述べたように、発光層内には、下地層からの貫通転移によって高密度なビットが形成される。これに対して、第1クラッド層上に、その成長温度とは異なる温度にて、もしくはその混晶組成比とは異なる窒化ガリウム系半導体層（以下ビット抑制層）を成長し、発光層を形成することで、発光層内でのビット形成を抑制することができる。

【0007】例えば第1のクラッド層の成長温度よりも低い温度にて、その上にGaNビット抑制層を成長後、発光層を形成した場合の作用は次の通りである。一般的に、良質な結晶性が得られるGaNの成長温度は約1000度と高い。これに対して、例えば約500度程度の低い温度で成長すると、そのGaN結晶性は単結晶性から非晶質性へと変化する。この非晶質なGaNを成長後、再度1000度程度まで昇温すると単結晶性が高いGaNへと再結晶化する。本発明ではこのGaNにおける再結晶化を利用する。つまり、第1のクラッド層と発

光層との間に新たに非晶質なGa_{0.85}Nを形成後、再結晶化させることで、第1のクラッド層から貫通してきた転移の伝播を鈍らせることができる。

【0008】一方、このビット抑制層をGa_{0.85}Nではなく、第1のクラッド層の混晶比とは異なるAl_xGa_{1-x}N（但し0 ≤ x ≤ 1）とした場合の作用は以下の通りである。一般的にAlNの成長温度は、Ga_{0.85}Nより100～200度程度も高い。これは、Ga_{0.85}NよりもAlNの原子間結合力が強いことを示している。本発明では、この強い原子間結合力を利用する。先に述べたGa_{0.85}Nビット抑制層と同様に、第1のクラッド層と発光層との間にAlGa_{0.85}Nビット抑制層を形成することによって、第1のクラッド層から発光層への転移の貫通をこの強い原子間結合力によって低減させることができる。但し、このAlGa_{0.85}Nビット抑制層は、第1のクラッド層からのキャリアの障壁層にならないようにするために、その厚さおよび混晶比の設定には注意しなければならない。

【0009】以上、ビット抑制層の再結晶化または強い結晶結合力を利用することで下地層からの転移の貫通に伴う発光層内でのビット形成を抑制することができる。

【0010】そして、第3、4、5、6の手段である(Al_xGa_{1-x})_yIn_{1-y}N（但し0 ≤ x ≤ 1, 0 ≤ y ≤ 1）窒化ガリウム系半導体を用いて量子井戸構造からなる発光層を備えた発光ダイオードまたはレーザダイオード素子構造を形成することによって、高効率、且つ高信頼性の窒化ガリウム系半導体発光素子を実現できる。

【0011】

【発明の実施の形態】以下、本発明であるビット抑制層を用いて作製した窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の実施例について説明する。

【0012】（実施例1）本実施例では、第1のクラッド層の成長温度よりも低温で成長したGa_{0.85}Nビット抑制層を活性層下に形成し窒化ガリウム系化合物半導体レーザダイオードを作製した。

【0013】図1にその素子の断面図を示す。図1において、101は(0001)面サファイア基板、102は低温Ga_{0.85}Nバッファ層（d=20nm）、103はn型SiドープGa_{0.85}N層（n=1×10¹⁸cm⁻³, d=4μm）、104はn型SiドープAl_{0.1}Ga_{0.9}N層（n=5×10¹⁷cm⁻³, d=0.5μm）、105は第1のクラッド層に相当するn型SiドープGa_{0.85}N層（n=5×10¹⁷cm⁻³, d=0.1μm）、106は本発明であるn型SiドープGa_{0.85}Nビット抑制層（n=5×10¹⁷cm⁻³, d=20nm）、107はノンドープIn_{0.15}Ga_{0.85}N/Ga_{0.85}N歪量子井戸発光層（各膜厚5nm, 3周期）、108は第2のクラッド層に相当するp型MgドープGa_{0.85}N層（p=2×10¹⁷cm⁻³, d=0.1μm）、109はp型MgドープAl_{0.1}Ga_{0.9}N層（p=2×10¹⁷cm⁻³, d=1.5μm）、110はp型MgドープGa_{0.85}N層（p=2×10¹⁸cm⁻³, d=0.2μm）で、1

11はSiO₂絶縁膜、112はn型電極、113はp型電極である。

【0014】上記102から110までの層は、一般的な有機金属相成長装置を用いて基板結晶101の上に結晶成長した。原料にはTMGa（トリメチルガリウム）、TMAI（トリメチルアルミニウム）、NH₃、SiH₄およびCp₂Mg（シクロペンタジエニルマグネシウム）を用いた。成長温度は、低温バッファ層102は520℃、Ga_{0.85}Nビット抑制層106は550℃、In_{0.15}Ga_{0.85}N/Ga_{0.85}N歪量子井戸活性層107は760℃、その他の層は1020℃とした。

【0015】サファイア基板101を水素気流中1100℃で加熱処理した後、520℃に降温し、Ga_{0.85}Nバッファ層102を形成し、続いて1020℃に昇温後、n型SiドープGa_{0.85}N層103からn型SiドープGa_{0.85}N層105までを成長した。その後、Ga_{0.85}Nビット抑制層106を成長するために再度550℃まで降温した。そして、Ga_{0.85}Nビット抑制層106を成長後、一旦1000℃まで昇温することによってGa_{0.85}Nビット抑制層106の再結晶化を行った。その後、温度760℃まで降温し、ノンドープIn_{0.15}Ga_{0.85}N/Ga_{0.85}N歪量子井戸発光層107を成長後、再び1020℃まで昇温し、p型MgドープGa_{0.85}N層108からp型MgドープGa_{0.85}N層110までの成長を行った。

【0016】結晶成長が終了した後、ドライエッチング技術によりメサ構造と絶縁膜111の形成を行い、続いて、n型電極112、n型電極113を真空蒸着法により形成した。これらの試料を用い、劈開法により共振器端面を形成し、それらの端面に誘電体高反射膜ミラーを形成した後に、各素子を分離してレーザダイオード素子とした。

【0017】この素子に動作電圧5Vで20mAの電流を流したところ、波長410nmに光出力5mWの紫外レーザ光が得られた。この素子における発光層内に形成されたビット密度を透過型電子顕微鏡を用いて観察した結果、2×10³cm⁻²であった。このビット密度はGa_{0.85}Nビット抑制層106を形成しない素子に比べ約6桁も低い値であった。また、環境温度60℃の劣化試験において5000時間以上の寿命を示した。

【0018】（実施例2）本実施例では、AlNビット抑制層を活性層下に形成し、窒化ガリウム系化合物半導体発光ダイオードを作製した。

【0019】図2にその素子の断面図を示す。図2において、101は(0001)面サファイア基板、102は低温Ga_{0.85}Nバッファ層（d=20nm）、103はn型SiドープGa_{0.85}N層（n=1×10¹⁸cm⁻³, d=4μm）、104はn型SiドープAl_{0.1}Ga_{0.9}N層（n=5×10¹⁷cm⁻³, d=0.5μm）、105は第1のクラッド層に相当するn型SiドープGa_{0.85}N層（n=5×10¹⁷cm⁻³, d=0.1μm）、114は本発明であるn

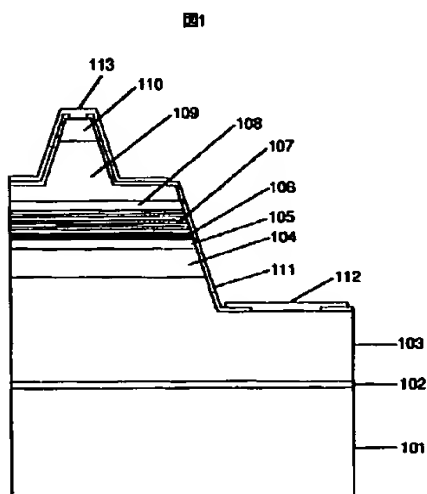
型ドーパAlNビット抑制層 ($n=5 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$, $d=10 \text{nm}$)、115はSiドーパ $\text{In}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{N}/\text{GaN}$ 歪量子井戸発光層 (各膜厚5nm, 10周期)、108は第2のクラッド層に相当するp型MgドーパGaN層 ($p=2 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$, $d=0.1 \mu\text{m}$)、109はp型Mgドーパ $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$ 層 ($p=2 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$, $d=1.5 \mu\text{m}$)、110はp型MgドーパGaN層 ($p=2 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$, $d=0.2 \mu\text{m}$)で、111は SiO_2 絶縁膜、112はn型電極、113はp型電極である。

【0020】上記102から110までの層は、実施例1と同様にサファイア基板101上に有機金属気相成長法により順次結晶成長した。用いた原料は実施例1と同様である。成長温度は、低温バッファ層102は520℃、AlNビット抑制層114は1100℃、 $\text{In}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{N}/\text{GaN}$ 歪量子井戸活性層115は740℃、その他の層は1020℃とした。

【0021】サファイア基板101を水素気流中1100℃で加熱処理した後、520℃に降温し、GaNバッファ層102を成した。その後、1020℃まで昇温し、n型SiドーパGaN層103からn型SiドーパGaN層105までを成長した。そして、さらに1100℃まで昇温し、AlNビット抑制層106を成長後、温度740℃まで降温し、ノンドープ $\text{In}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{N}/\text{GaN}$ 歪量子井戸発光層115を成長した。

【0022】その後、再び1020℃まで昇温し、p型MgドーパGaN層108からp型MgドーパGaN層110まで成長を行った。結晶成長後は、実施例1と同様にメサ構造と絶縁膜111の形成を行い、続いて、n型電極112、p型電極113を形成した。これらを各素子として分離して発光ダイオード素子とした。

【図1】



【0023】この素子に動作電圧5Vで20mAの電流を流したところ波長450nmの高輝度な青色光が得られた。また、この素子における発光層内のビット密度を透過型電子顕微鏡にて観察した結果、 $8 \times 10^3 \text{cm}^{-2}$ と従来の素子に比べ数桁低い値であった。なお、本実施例ではビット抑制層としてAlN層を用いたが $\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{N}$ 層でも同様な効果を得ることができた。

【0024】

【発明の効果】以上説明したように、ビット抑制層を介して発光層を成長することにより、第1クラッド層からの貫通転移に伴う発光層内のビット形成を容易に減少させることができる。その結果、信頼性の高い青色～紫外色の発光デバイスが作製可能となり、その産業上の利用価値は非常に大きい。

【図面の簡単な説明】

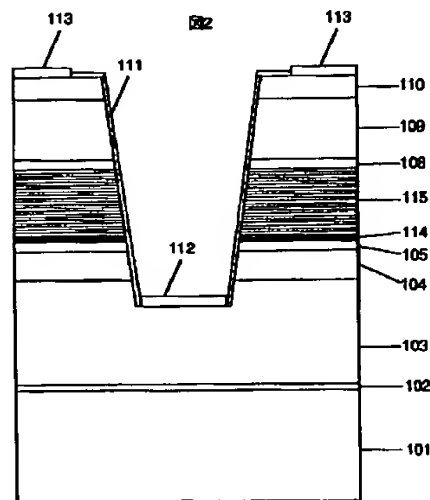
【図1】実施例1に記載した窒化ガリウム系化合物半導体レーザの断面図。

【図2】実施例2に記載した窒化ガリウム系化合物半導体発光ダイオードの断面図。

【符号の説明】

101…(0001)面サファイア基板、102…低温GaNバッファ層、103…n型SiドーパGaN層、104…n型SiドーパAlGaN層、105…n型SiドーパGaN層、106…n型SiドーパGaNビット抑制層、107…ノンドープ $\text{In}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{N}/\text{GaN}$ 歪量子井戸発光層、108…p型MgドーパGaN層、109…p型MgドーパAlGaN層、110…p型MgドーパGaN層、111… SiO_2 絶縁膜、112…p型電極、113…n型電極、114…n型SiドーパAlNビット抑制層、115…Siドーパ $\text{In}_{0.30}\text{Ga}_{0.70}\text{N}/\text{GaN}$ 歪量子井戸発光層。

【図2】



フロントページの続き

(72)発明者 河田 雅彦
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地
株式会社日立製作所中央研究所内

Fターム(参考) 5F041 AA11 AA43 CA04 CA05 CA34
CA40 CA46 CA65
5F073 AA11 AA62 AA74 CA07 CA17
EA07 EA28